



# HOSPITAL SÃO CAMILO

## BOLETIM CIENTÍFICO DO INSTITUTO DE ENSINO E PESQUISA

Edição: 11 Ano:02 Agosto/2011

Retossigmoidectomia  
laparoscópica com  
uso de portal único:  
relato de caso

---

Sistematização  
da assistência  
de enfermagem  
perioperatória: revisão  
integrativa de literatura

---

Drenagem anômala  
das veias gonadais

---

Tecnologia empregada  
na radiologia industrial:  
revisão de literatura





## Tecnologia empregada na radiologia industrial: revisão de literatura

Daiane Cristini

Emerson Pereira

Ariane de Lima

Eliana monteiro

Rafael Penha

Vivian Gonçalves

**Resumo:** Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica mostrando o quanto às radiações ionizantes têm sido empregadas no dia a dia de forma ampla e diversificada. Trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura realizado no Centro de Tecnologia das Radiações, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, no período de agosto de 2010 a maio de 2011. O uso das radiações ionizantes tem por décadas sido associado à atividades perigosas e sem benefício algum. Porém, atualmente seu uso tem contribuído significativamente para atividades industriais, nos quais, o uso de outras técnicas não traria o mesmo resultado.

**Palavras-chave:** irradiadores, radiação ionizante, cobalto 60, aplicações industriais

**Abstract:** This paper aims to accomplish a literature review showing how widely the ionizing radiation has been used in our daily routine, with diverse applications. This research is a literature review performed at the Center of Radiation Technology, at Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, from august 2010 to may 2011. For decades, the use of ionizing radiation has been associated with dangerous activities and without any benefit. But now, its use has contributed significantly to industrial activities for which the use of other techniques would not bring the same result.

**Keywords:** radiators, ionizing radiation, cobalt 60, industrial applications

**I – Introdução** Desde a descoberta das radiações ionizantes, fontes intensas de radiação têm sido utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento, medicina, indústria e pesquisa. Suas aplicações, bem como seus benefícios, são pouco conhecidas, fato que tem contribuído com a errônea imagem de que as radiações só causam danos.

O objetivo do presente artigo é mostrar o quanto às radiações ionizantes vem sendo empregadas diariamente de forma ampla e diversificada. Neste âmbito será apresentada uma visão geral destas aplicações tendo como foco aplicações industriais, esterilização, irradiação, desde pedras preciosas até irradiação

para cura de madeira e irradiação de alimentos.

A radiologia industrial é um processo no qual é utilizada a radiação ionizante em diversas aplicações na área industrial. É um método que tem sido desenvolvido e aplicado em setores diversos da indústria, desde o controle de qualidade de peças, na preservação de bens culturais, até mesmo na área alimentar.

Especialistas definem radiologia industrial como um método de ensaio não destrutivo para verificar falhas internas em componentes metalúrgicos que possam comprometer seu desempenho mecânico quando submetido à pressão ou esforço.

Daiane Cristini<sup>1</sup>, Emerson Pereira<sup>2</sup>, Ariane de Lima<sup>3</sup>, Eliana monteiro<sup>3</sup>, Rafael Penha<sup>3</sup>, Vivian Gonçalves<sup>3</sup>

1 - Daiane Cristini – Tecnóloga em Radiologia Médica. Docente no Centro Técnico Profissionalizante Sequencial. Mestranda em Tecnologia Nuclear, do Laboratório de Rejeitos Radioativos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-USP-SP).

2 - Emerson Pereira – Técnico em Radiologia Médica do Hospital São Camilo Santana e Hospital Geral do Grajaú. Discente do curso de Tecnologia em Radiologia da FAMESP. Membro da Associação de Técnicos e Tecnólogos em Radiologia do Estado de São Paulo (ATRESP).

3 - Ariane de Lima, Eliana monteiro, Rafael Penha, Vivian Gonçalves – Alunos do Curso Técnico em Radiologia Médica do Centro Técnico Profissionalizante Sequencial.

e-mail: dcsouza@usp.br

Tais componentes podem ser juntas soldadas ou produtos fundidos<sup>1</sup>.

Nas aplicações da radiologia industrial, utiliza-se um feixe de elétrons, através de um acelerador linear, tubos de raios X ou uma fonte radioativa de raios Gama, colocada no interior de um irradiador ou por meio de fontes radioativas para produzir alterações nos objetos irradiados. No caso das fontes radioativas, elas liberam do seu núcleo raios (emissões radioativas) que descreveremos a seguir.

**II – Objetivo** Levantar na literatura artigos relacionados à radiologia industrial.

**III – Metodologia** A metodologia empregada para a realização do presente estudo consistiu em um levantamento bibliográfico realizado por meio de livros e sites de instituições vinculadas ao assunto, onde utilizamos 17 bibliografias num período de agosto de 2010 a maio de 2011. Os descritores usados para o levantamento foram: radiologia industrial, irradiação de pedras preciosas, irradiação de alimentos, entre outros. As principais fontes de busca foram bibliotecas digitais, e em alguns casos, para assuntos pouco conhecidos no país como irradiação de alimentos, as informações foram coletadas por meio de entrevistas com pesquisadores na área no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), localizado na Universidade de São Paulo.

## IV – Revisão de literatura

### 4.1. Dos raios X à radiologia industrial

Foi o físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) quem detectou pela primeira vez os raios X, que foram assim chamados devido ao desconhecimento, por parte da comunidade científica da época, a respeito da natureza dessa radiação. A descoberta ocorreu quando Röntgen estudava o fenômeno da luminescência produzida por raios catódicos num tubo de crookes, em seu laboratório na universidade de Wenzburg na Alemanha, onde era professor. Todo o aparato foi envolvido por uma caixa com um filme negro em seu interior e guardado numa câmara escura. Próximo à caixa, havia um pedaço de papel recoberto de platinocianeto de bário. Röntgen percebeu que quando fornecia energia cinética aos elétrons do tubo, estes emitiam uma radiação que marcava a chapa fotográfica. Intrigado, resolveu colocar entre o tubo de raios catódicos e o papel fotográfico alguns corpos opacos à luz visível. Desta forma, observou que vários materiais opacos à luz diminuíam, mas não eliminavam a chegada desta estranha radiação até a placa de platinocianeto de bário. Isto indicava que a radiação possui alto poder de penetração. Após exaustivas experiências com objetos inanimados, Röntgen pediu à sua

esposa que posicionasse sua mão entre o dispositivo e o papel fotográfico. O resultado foi uma foto que revelou a estrutura óssea interna da mão humana<sup>2</sup>.

Em junho de 1896 os raios X estavam sendo utilizados pelos médicos em campo de batalha, durante guerras, para localização das balas alojadas em soldados<sup>3</sup>. No mesmo ano, foi descoberta a radioatividade natural pelo cientista francês Henri Becquerel, onde pode concluir que o urânio emitia uma radiação que podia penetrar em papel pesado e velar as películas fotográficas, determinando então, que a fonte de radiação era o próprio urânio.

Em 1822, nos EUA, Horace Lester, Arsenal Watertown, “provou que era possível a utilização dos raios X para localização de falhas internas, soldas e outras peças metálicas<sup>3</sup>. O trabalho de Lester foi significativo porque demonstrou claramente que os raios X podiam ser usados para localizar falhas internas em fundidos, soldas e outras formas metálicas e que estas falhas poderiam conduzir a uma quebra prematura. As contribuições de Lester foram também importantes por causa da sua posição preeminente no campo metalúrgico<sup>2</sup>.

O surgimento de tubos de raios X operando em até 200.000 volts permitiu a obtenção de radiografias de peças de aço com uma volumosa espessura, em curto tempo.

Em 1931, a Compton a General Electra desenvolve o tubo de raios X de 1.000.000 volts, proporcionando um equipamento eficaz para radiologia industrial<sup>4</sup>. A American Society of Mechanical Engineers (ASME) abriu as portas e a aceitação dos raios X no uso industrial<sup>3,4</sup>.

Em 1933, começou a produção de fontes radioativas artificiais, o cobalto e o irradiado pelo casal Jean Frederic Joliot Curie e Irene Joliot Curie (filha do casal Curie), que substituí rapidamente fontes radioativas naturais por serem mais radioativas que o rádio e por um custo mais acessível, o que proporcionou um crescimento da utilização dos raios Gama na radiografia industrial.

### 4.2. Fontes radioativas usadas em radiologia industrial

As principais fontes de radiação Gama utilizadas em radiologia industrial são Cobalto<sup>60</sup>, Iridio<sup>192</sup>, Césio<sup>137</sup> e Selênio<sup>75</sup>.

Relação das principais fontes radioativas usadas na radiologia industrial <sup>1</sup> .		
Radionuclídeo	Tempo de meia vida	Energia de radiação (MeV)
Cobalto <sup>60</sup>	5,24 anos	1,17 e 1,33
Iridio <sup>192</sup>	74,4 dias	0,13 a 0,65
Túlio <sup>170</sup>	127 dias	0,08 a 0,50
Césio <sup>137</sup>	33 anos	0,66
Selênio <sup>75</sup>	119,78 dias	0,006 a 0,405

### 4.3. Aceleradores lineares

Aceleradores de elétrons têm como princípio de funcionamento o mesmo utilizado em aparelhos televisores. A diferença principal consiste na voltagem aplicada, sendo que em um aparelho de TV é utilizada voltagem na ordem de 110V-220V, já aceleradores de elétrons funcionam na ordem de 440V.

Para a geração de feixes de elétrons, é necessário que um filamento de tungstênio seja aquecido, ocasionando assim o efeito termiônico (liberação de elétrons pelo filamento devido ao seu aquecimento). Os elétrons aquecidos são direcionados em alta velocidade, para o lado oposto ao filamento, devido à diferença de potencial (ddp) na ordem de 1,5 MeV aplicada nos dois pólos do tubo de aceleração.

O feixe de elétrons, ao migrar em alta velocidade, passará entre duas bobinas (bobinas norte-sul), fazendo com que o feixe amplie sua área de varredura sobre os produtos a serem irradiados.

Antes de interagir com os produtos, o feixe deverá sair do scan horn, por uma fina janela de titânio localizada na sua parte inferior com espessura da ordem de 40 $\mu$ m. Após sair do tubo o feixe irá interagir como o material exposto. A penetração do feixe, com as características físicas já mencionadas, na densidade da água é de cerca de 4,5 mm, o que ressalta uma característica relevante dos aceleradores de elétrons com voltagem menor que 10 MeV, que é o baixo poder de penetração na matéria. Sendo assim, esses equipamentos são utilizados em exposições que não requerem alta penetração, como esterilização e processos de reticulação.

A alta voltagem empregada nos aceleradores é obtida através de um elevador de tensão que funciona como um dobrador de tensão, localizado na parte externa da sala de irradiação do acelerador. O feixe de elétrons, ao migrar em alta velocidade, passará entre duas bobinas (bobinas norte-sul), também chamado de defletores magnéticos, fazendo assim com que o feixe amplie sua área de varredura sobre os produtos a serem irradiados.

Antes de interagir com os produtos, o feixe deverá sair do tubo a vácuo, por uma fina janela de titânio (20  $\mu$ m janela de titânio) localizada no outro extremo do tubo com fina espessura. Após sair do tubo o feixe irá interagir com o material exposto. A penetração do feixe com as características físicas já mencionadas, na densidade da água é de cerca de 5 mm. Esses equipamentos são utilizados em exposições que não requerem alta penetração, como esterilização e processos de reticulação.

### 4.4. Aplicações da radiação ionizante na indústria

Na indústria encontramos várias aplicações em diversas áreas, com o intuito de adquirir desde um controle eficaz de qualidade e até mesmo prolongar a durabilidade de alguns alimentos. Neste campo, proporciona uma maior durabilidade aos ali-

mentos, eliminando microrganismos e evitando a utilização de agrotóxicos ofensivos aos seres humanos, melhorando a qualidade de vida dos consumidores.

#### a) Irradiação de pedras preciosas

Na mineração, por exemplo, a radiação ionizante é utilizada em pedras preciosas para mudar a sua cor, aumentando assim o valor comercial do produto<sup>6</sup>.

As pedras mais utilizadas nesse procedimento são: topázios, cítrico, ametista, e quartzos.

O processo de irradiação gera defeitos na estrutura dos minerais provocando um rearranjo na estrutura. O centro de cor passa a absorver determinados comprimentos de onda da luz visível, produzindo assim uma coloração no mineral. O que a radiação faz é promover um desequilíbrio eletrônico, com os elétrons das camadas dos elementos sendo expelidos. Como a radiação só interfere nos elétrons e não no núcleo do átomo, não são gerados radionuclídeos e, portanto, o quartzo não se torna radioativo. O tratamento apenas acelera o efeito que a natureza levaria milhares de anos para produzir. Após o processo, minérios antes de baixo valor comercial podem atingir valor agregado médio em torno de 300%<sup>17</sup>.

#### b) Irradiação de fios e cabos

Outra importante aplicação é na irradiação de fios e cabos. A pesquisa nessa área começou por volta da década de 80. A radiação interage com os elétrons do material e produz a chamada reticulação. O fenômeno físico que ocorre é a interação da radiação com os elétrons dos átomos da molécula polimérica. São formados radicais livres, que se recombinam, permitindo a chamada reticulação. O material surgido daí possui excelentes propriedades<sup>7</sup>. (figura 1)

Os fios e cabos que são irradiados podem ser usados em diversas áreas, como na indústria automobilística, naval, computação, entre outras. Quando irradiados, têm sua resistência aumentada, principalmente quanto à sua temperatura. Um exemplo de como a tecnologia facilita o dia a dia das donas de casa pode ser notado no fio do ferro de passar roupa. Com a irradiação, o ponto de fusão do isolante do fio é aumentado, ou seja, o material fica mais resistente, dificultando a ocorrência de curto-circuitos<sup>7</sup>.

A irradiação é feita em um sistema de polias que permite a irradiação dos dois lados do material, de forma contínua e uniforme. A velocidade atingida pelo fios que passam pela polia é de 300 metros por minuto. De acordo com especialistas, a grande vantagem do processo é que ele dispensa a adição de reagentes ou produtos poluidores do meio ambiente. Isso torna a relação custo-benefício melhor<sup>8</sup>.

No Brasil, a tecnologia conta com o apoio de empresas que fizeram vínculos com o IPEN. Para o desenvolvimento no setor de fios e cabos, o Instituto contou com o apoio de indústrias como Pirelli, Furukawa e Cofibam. Esta última ad-



quiriu e instalou um acelerador de elétrons por meio de um convênio com o Ipen. A máquina fica no Instituto, que cuida de sua operação e manutenção, dispondo de um tempo para sua utilização<sup>8</sup>.

### c) Irradiação de espumas de polietileno

Espumas de polietileno possuem diversas aplicações na área industrial, desde indústria de calçados, artigos esportivos etc<sup>10</sup>. Na indústria de calçados são utilizadas para a confecção de palmilhas, promovendo conforto e a absorção de impactos.

De acordo com especialistas na área de irradiação, estas espumas apresentam uma estrutura regular de pequenas células, por este motivo possuem capacidade de isolamento térmica e acústica, como também de absorção de impacto<sup>11</sup>.

Mas, para que essa espuma possa ter suas aplicações, ela deve passar por um processo químico, conhecido como reticulação. Esse processo pode ser realizado por meios químicos ou por meios físicos, onde é utilizada a radiação ionizante usando feixe de elétrons. Após a irradiação ou o tratamento químico, a espuma é colocada sob uma elevada temperatura e assim tem suas dimensões aumentadas.

Estudos têm mostrado que a reticulação através da irradiação por feixe de elétrons tem obtido melhores resultados, observando que as espumas obtidas a partir do polietileno irradiado com doses de 40 kGy foram as que apresentaram uma estrutura celular mais homogênea, sendo esta dose considerada ideal para a obtenção de espumas com características melhores<sup>11</sup>, conforme figura 02 que apresenta o acelerador de elétrons.

### d) Irradiação de madeiras (MDF) cura por radiação

Outra aplicação notável das radiações ionizantes é no processo de cura por radiação. Esse processo pode ser utilizado em madeiras (revestimentos), embalagens, vernizes etc.

Naturalmente esses materiais apresentam quantidades altas de químicos prejudiciais ao meio ambiente que são lançados na atmosfera durante o processo de cura<sup>12</sup>.

Por esta razão, as indústrias usuárias destes sistemas são altamente poluidoras, causando grandes danos ao meio ambiente. Estes sistemas, quando submetidos à radiação ultravioleta

ou feixe de elétrons, sofrem reações de polimerização e reticulação, formando um filme polimérico sólido sem a evaporação de solventes. Assim, esta tecnologia não gera produtos poluentes do ar nem os resíduos produzidos por métodos tradicionais de cura<sup>12</sup>.

A utilização da radiação ionizante nesse processo evita a liberação desses compostos prejudiciais, e outras vantagens são as características dos produtos irradiados, como alto brilho, superfícies macias e elevada resistência mecânica e química<sup>12</sup>.

A utilização da radiação ionizante nesse processo evita a liberação desses compostos prejudiciais, e outras vantagens são as características dos produtos irradiados, como alto brilho, superfícies macias e elevada resistência mecânica e química<sup>12</sup>.

### e) Produção de membrana hidrogel

A radiação ionizante também tem sido aplicada em membranas para o tratamento de queimaduras e no combate de infecções da pele. Uma membrana conhecida como hidrogel está sendo testada no Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) do Ipen.

Ao mesmo tempo em que promove a liberação controlada do fármaco, a membrana estimula a cicatrização do ferimento. A doença é causada por um protozoário e transmitida por mosquitos infectados. Pesquisadoras decidiram testar se era possível imobilizar um fármaco, liberando-o de forma controlada. O objetivo das primeiras membranas desenvolvidas no CQMA era o tratamento de queimados, pelas propriedades cicatrizantes do material<sup>13</sup>.

A membrana, composta por 90% de água, passa pelo processo de reticulação por radiação Gama, que tem se mostrado o mais eficiente para as propriedades desse material. Para preparar a membrana, as pesquisadoras testaram diferentes processos: reticulação por agente químico, tratamentos térmicos e por radiação gama. Este último mostrou-se interessante, por

**“Na indústria encontramos várias aplicações em diversas áreas, com o intuito de adquirir desde um controle eficaz de qualidade e até mesmo prolongar a durabilidade de alguns alimentos”**



Figura 1. Acelerador de elétrons e o processo de irradiação de fios e cabos.



Figura 2. Acelerador de elétrons.

possibilitar a esterilização do material, sendo estudados doses diferentes de radiação entre 10 e 25 quilo Gray<sup>13</sup>.

#### f) Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é definida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitárias, fitossanitárias e ou tecnológicas<sup>9</sup>. Para tanto, são usadas fontes emissoras de raios Gama, (Cobalto<sup>60</sup>) ou também pode ser utilizados aceleradores de elétrons. No processo de irradiação, são utilizadas fontes de cobalto ou aceleradores de elétrons. Neste último, que implica em menor custo, a radiação atua superficialmente sendo indicado, por exemplo, para irradiação de hambúrguer, como mostrou estudo recente desenvolvido em parceria com uma grande indústria nacional<sup>10</sup>.

O processo não deixa resíduos nos alimentos, eles são tratados utilizando a radiação e não traz qualquer risco para o consumidor, ao contrário, representa o uso da tecnologia em benefício da saúde<sup>10</sup>, sendo um dos principais objetivos da irradiação de alimentos a esterilização, pois é por meio dela que micro-organismos são destruídos, prolongando a vida dos alimentos. Essa técnica vem crescendo no mundo inteiro, devido ao aumento de doenças causadas pela contaminação de alimentos, uma vez que permite o aumento da vida útil (conservação) dos alimentos.

No Brasil, a técnica tem sido usada em especiarias, mas pesquisadores do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) no Ipen em São Paulo têm desenvolvido pesquisas sobre o uso da radiação para tratamento de diversos alimentos, tais como manga, palmito in natura, vegetais, erva-mate in natura, hambúrguer, salmão cru, soja, açaí, entre outros<sup>10</sup>.

Na indústria de bebidas, a radiação ionizante é utilizada no controle de qualidade para avaliar a quantidade do líquido presente na lata que deve estar de acordo com a informação fornecida no rótulo da bebida. (figura 03)



Figura 3. Símbolo de alimento irradiado e seu significado.

#### 4.5. Mercado no Brasil para alimentos irradiados

Há uma tendência de crescimento para esse mercado no Brasil, em julho de 2007 produtores e pesquisadores do Ipen se reuniram para conhecerem os resultados das pesquisas com mangas irradiadas. Produtores da região do Vale do São Francisco, em Pernambuco, autoridades e interessados na difusão da tecnologia no país se reuniram com pesquisadores do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Ipen para conhecerem os resultados de testes com mangas irradiadas. Já foi assinado inclusive um acordo de cooperação técnico-científica entre a Embrapa Semi-Árido, Valexport (Associação de produtos e exportadores de hortaliças e derivados do Vale São Francisco), em Petrolina-PE e o Ipen<sup>15</sup>.

Na agricultura a radiação já é utilizado no controle de disseminação de insetos, eliminando larvas de sementes flores e folhas. Na área de esterilização, os produtos são colocados no irradiador de multipropósito cobalto<sup>60</sup>, onde os produtos são submetidos à radiação ionizante do tipo Gama, e irradiados embalados, sem o contato manual.

#### 4.6. Proteção radiológica: legislação para radiologia industrial

Na área industrial existem duas instalações onde pode ocorrer o ensaio não destrutivo: fechadas (empresas) ou abertas (ao ar livre).

**Instalações abertas:** o próprio nome já diz que é no meio ambiente. Exemplo: manutenção de gasodutos. Neste caso, é utilizada uma parede móvel construída em concreto baritado com espessura de 60 mm.

**Instalações fechadas:** seria em uma empresa. Para a segurança dos técnicos na área de trabalho se utiliza tempo e distância. É realizado um planejamento e um controle de área (evacuação das áreas próximas), tendo que respeitar o limite de doses, são utilizadas canetas dosimetrias e equipamentos como o colimador para diminuir a radiação espalhada.

Além da regulamentação para instalações, no Brasil existe a regulamentação para as aplicações industriais, como por exemplo, para a irradiação de alimentos.

No Brasil, a regulamentação para alimentos irradiados é feita pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), instituído no dia 8/03/85 a portaria N° 9 da Dinal (Divisão de Vigilância Sanitária de Alimentos do Ministério da Saúde), em conjunto com a CNEN (Comissão Nacional de Energia Nuclear), e o INCQS (Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde) da FIOCRUZ (Fundação Oswaldo Cruz), que estabeleceram as normas gerais para irradiação de alimentos no Brasil, indicando para cada caso, o tipo, nível e dose média de energia de radiação e o tratamento prévio, conjunto e posterior<sup>16</sup>.

Através da resolução n° 21 de 26 de janeiro de 2001, são determinados os requisitos para as instalações que prestem esse tipo

de serviço e as doses máximas permitidas para esse tipo de aplicação. Qualquer alimento pode ser tratado com a radiação ionizante, considerando que a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade e a dose máxima deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento<sup>16</sup>.

A norma determina também que todos os alimentos irradiados têm que ter por finalidade a qualidade sanitária dos produtos para o consumo, e informar em seus rótulos que o produto foi submetido à radiação ou o uso de algum condimento que tenha passado por esse procedimento.

Essas normas estão passando por um processo de regulamentação, que visa melhorar a aceitação no mercado desses tipos de alimentos.

#### 4.7. Tipos de irradiadores

##### a) Irradiador multipropósito cobalto<sup>60</sup>

O irradiador multipropósito do CTR/IPEN é uma das fontes intensas de radiação, sendo amplamente utilizado tanto para pesquisas como para prestação de serviços. (figura 4)



Figura 4. Vista frontal do sagão do irradiador multipropósito e vista interna.

O CTR está equipado com um irradiador multipropósito do tipo compacto de categoria IV de Co<sup>60</sup>, sendo projetado com tecnologia inteiramente nacional e inédito em muitas de suas características, com financiamento da FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

As descrições do irradiador multipropósito estão listadas abaixo:

- Capacidade total licenciada: (CNEN) 37PBq (1 milhão de Ci), categoria IV;
- Piscina 7,0m de profundidade e 2,7m de diâmetro;
- Portas de concreto: 1 deslizante e 1 giratória;
- Parede de concreto: 1,8m de espessura (densidade de 2,35g/cm<sup>3</sup>);
- Geometria da fonte 2 racks de fontes retangulares, capacidade para 600 lápis de CO<sup>60</sup>;
- Sistema de irradiação product overlapping source, contínuo, duplo empilhamento de caixas, sendo que cada nível de caixa movimenta – se na mesma direção (horizontal), mas em sentidos contrários;
- Capacidade da câmara 16 caixas, aproximadamente 6,7m<sup>3</sup>;
- Tamanho das caixas 60 cm x 70cm x 100cm;

- Volume das caixas 420 litros (0,42m<sup>3</sup>);
- Peso máximo por caixa 300 kg.

O irradiador possui como fonte cobalto-60, disposto em lápis localizados no fundo de uma piscina que serve também como blindagem.

As principais aplicações do irradiador são:

- Esterilização de produtos médicos e farmacêuticos como luvas, seringas, gaze e algodão;
- Esterilização de tecidos biológicos para implantes cirúrgicos;
- Esterilização de materiais utilizados em laboratórios como recipientes de coleta de amostras;
- Aumento do prazo de validade de alguns alimentos secos, como temperos;
- Aumento de tempo de armazenamento de sementes, vegetais, tubérculos e frutas;
- Controle de disseminação de insetos eliminando ovos, larvas ou insetos adultos em frutas, sementes, flores ou folhas;
- Esterilização de alimentos para pessoas com problemas imunológicos em hospitais;
- Beneficiamento de pedras preciosas (turmalinas, topázios, citrinos, ametistas e quartzos);
- Desenvolvimento de novos materiais poliméricos por meio de modificação induzidas pela radiação.

##### b) Irradiador panorâmico

A irradiação de alimentos é realizada em dois tipos de equipamentos: fonte de radiação do tipo panorâmica e Gamma Cell. (figura 5)

##### a) Fonte panorâmica

- Fonte armazenada embaixo e depois locomovida para cima;
- Fonte: lápis Cobalto 20 cm/2 cm;
- Blindagem na parte inferior à mesa;
- Hoje operando com 600 Curies (1 lápis - 5.000 Ci capacidade máxima)
- Cobalto: 5,2 a – T1/2;



Figura 5. Mesa de exposição localizada acima da fonte panorâmica de CO<sup>60</sup>, as marcações na mesa servem como referencial para estimar a dose no produto.

- Utilizada em pesquisas (frutas, alimentos, tecidos humanos etc);
- Mesa com marcações para estimativa de taxa de dose.

#### b) GammaCell

Descrição da fonte de radiação do tipo GammaCell (figura 6)

- Fabricação – 1968 / 1969;
- 1997 – última carga;
- Blindagem até 12.000 Curies;
- Fonte de calibração secundária- para calibração como referência - homologada pela IAEA;
- 35 lápis de  $Co^{60}$  dispostos em “volta”;
- Nunca sai da blindagem;
- 14 cm à 20 cm diâmetro;
- 3 litros de volume;



**Figura 6. GammaCell utilizado em pesquisas com irradiação de alimentos no IPEN.**

- Elevador para levar amostra (pequeno volume) para próximo à fonte;
- Taxa de dose única (diferente do panorâmico, pois que a taxa de dose é diferente em cada posição).

**IV – Considerações finais** De modo concludente podemos dizer que as aplicações das radiações ionizantes na indústria, pesquisa e medicina têm contribuído para o avanço científico da sociedade.

O Ipen tem dado sua parcela de contribuição, não só por fornecer produtos e insumos para essas atividades, mas também por fornecer subsídios para divulgação dessas áreas, que na maioria das vezes não são de conhecimento público, e talvez unicamente por isso sejam vistas com tanto medo e discriminação.

A importância e praticidade que a radiologia industrial pode nos proporcionar é imensa. Vimos ao longo desse trabalho que a radiologia industrial não são apenas processos de gamagrafia e radiografia de peças, mas envolvem muitos outros processos que na grande maioria são desconhecidos pela população. Acreditamos que essas aplicações devem ser mais divulgadas para que eliminemos o estigma de que as radiações ionizantes somente causam malefícios.

Em relação ao mercado profissional, observamos que no Brasil existe um grande potencial para crescimento nessas áreas, e que profissionais com formação técnica podem e devem atuar nesse meio. ■

## Referências

1. A energia nuclear no Brasil. Disponível em: <<http://www.nuctec.com.br/educacional/enbrasil.html>>. (2010).
2. Portal da radiologia. A história da radiologia industrial. [http://portaldaradiologia.com/?page\\_id=531#none](http://portaldaradiologia.com/?page_id=531#none). (2010).
3. Calvo, WAP. Aplicação de fontes intensas de radiação: Aceleradores industriais de elétrons e de partículas. Apresentação em pdf. CTR: 2010.
4. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Irradiador multipropósito de cobalto 60. Catálogo informativo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
5. Oliveira, HB. de. Acelerador ciclotron: radioisótopos para a vida. Catálogo informativo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo: 2005.
6. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Reator IEA R1: contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Catálogo informativo. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.
7. Centro de Radiofarmácia: A história da produção de radiofármacos no Ipen. Disponível em: <<https://www.ipen.br/sitio/?idm=113>> (2010).
8. Produtos da Diretoria de radiofarmácia. Disponível em: <<https://www.ipen.br/sitio/?idm=115>> (2010).
9. Distribuição de radiofármacos pelo Ipen. Disponível em: <https://www.ipen.br/sitio/?idm=115>. (2010).
10. Companhia Brasileira de Esterilização. Nossa história. Disponível em: <http://www.cbesa.com.br/?p=historia>. (2010).
11. Dias DB, Andrade e Silva LG. Influência da radiação ionizante nas propriedades das espumas de polietileno reticulado por feixe de elétrons. Ipen-CNEN/SP. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-410-022.pdf>> (2010).
12. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Cura por radiação: Aplicações das radiações na cura de tintas, vernizes, adesivos e revestimentos. Disponível em: <<https://www.ipen.br/sitio/index.php?idc=264>> (2010).
13. Aplicação: Tecnologia de polímeros e radiação para combater a leishmaniose. Disponível em: <<https://www.ipen.br/sitio/index.php?idc=4868>> (2010).
14. Mastro Nélia L. Del. et al. Avaliação da aceitação de morangos e citros irradiados. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. 1999.
15. Comissão Nacional de Energia Nuclear. Norma. 3.03. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/seguranca>> (2010).
16. Anna Lucia CHV. Detecção de alimentos irradiados. Apresentação em power point. IPEN/CEN: 2009.
17. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Tratamento especial com radiação gama torna quartzo mais valioso. Jornal Órbita. Disponível em: <<https://www.ipen.br/sitio/?ap=75&idc=9693>>. (2011).